

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г.Ю. Ямских  
подпись инициалы, фамилия  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**Характеристика многолетнемерзлых грунтов  
первой надпойменной террасы р.Енисей (район г.Игарки)**

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

|                |               |                                |                      |
|----------------|---------------|--------------------------------|----------------------|
| Руководитель   | _____         | <u>проф., д-р. геогр. наук</u> | <u>Г. Ю. Ямских</u>  |
|                | подпись, дата | должность, ученая степень      | инициалы, фамилия    |
| Выпускник      | _____         |                                | <u>В.В. Рябинова</u> |
|                | подпись, дата |                                | инициалы, фамилия    |
| Нормоконтролер | _____         |                                | <u>М.И. Кокова</u>   |
|                | подпись, дата |                                | инициалы, фамилия    |

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| 1 Теоретические основы мерзлотоведения.....   | 6  |
| 1.1 Мерзлые породы .....  | 6  |
| 1.2 Распространение и морфология мерзлых пород .....  | 8  |
| 1.3 Мерзлотоведение как наука.....  | 12 |
| 2 Физико-географические условия северо-восточной части Западно-Сибирской<br>низменности (г. Игарка) ..... | 16 |
| 2.1 Геологическое строение .....  | 16 |
| 2.2 Рельеф .....  | 20 |
| 2.3 Гидрология .....  | 22 |
| 2.4 Климат.....   | 25 |
| 2.5 Почва.....  | 28 |
| 2.6 Растительность .....  | 30 |
| 2.7 Животные мир.....   | 33 |
| 3 Характеристика многолетнемерзлых грунтов первой надпойменной террасы<br>р.Енисей (район г.Игарки).....  | 35 |
| 3.1 Территория исследования.....  | 35 |
| 3.2 Методика .....  | 37 |
| 3.2.1 Полевые методы .....  | 37 |
| 3.2.2 Лабораторные методы.....  | 37 |
| 3.3 Исследование многолетнемерзлых грунтов первой надпойменной террасы<br>р.Енисей (район г.Игарки) ..... | 38 |
| Заключение .....  | 52 |
| Список использованных источников .....  | 53 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А .....  | 56 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....   | 57 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В .....  | 59 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....   | 62 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д ..... | 64 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....  | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж ..... | 67 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ И ..... | 69 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ К ..... | 71 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Л ..... | 74 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ М ..... | 75 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Н ..... | 76 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ П ..... | 77 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Р ..... | 78 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ С ..... | 79 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Т.....  | 80 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ У ..... | 81 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ф.....  | 82 |

## ВВЕДЕНИЕ

Освоение нетронутых в прошлом пространств Крайнего Севера оживило районы этой огромной области. В этих местах серьезные затруднения вызвали вечномерзлые грунты, являющиеся специфической природной особенностью почти на половине территории Российской Федерации.

Практика может привести немало примеров своеобразного, а подчас и коварного поведения этого, по выражению М. И. Сумгина, «русского сфинкса». В итоге, народному хозяйству приходилось расплачиваться крупными материальными средствами за незнание или игнорирование особенностей вечной мерзлоты и способов борьбы с ее вредным влиянием. Это и вызвало необходимость изучения вечной мерзлоты.

Для решения практических задач, как в области строительства, так и сельского хозяйства, необходимо знать имеются ли в данном месте вечномерзлые грунты, на какой глубине они находятся, каков их температурный режим и т.п. Эти основные сведения являются исходными для определения способов устранения вредного влияния вечной мерзлоты на объекты человеческой деятельности.

Однако не только практика требует этих сведений. Региональный характер мерзлотных исследований служит основой для общетеоретических построений в деле познания вечной мерзлоты, как одного из крупнейших природных явлений.

**Цель** данной работы – оценка состояния многолетнемерзлых грунтов первой надпойменной террасы р. Енисей (район г. Игарки) в период с 2008 по 2016 года.

**Объект исследования** – первая надпойменная терраса р. Енисей (район г.Игарки).

**Предмет исследования** – состояние многолетнемерзлых грунтов первой надпойменной террасы р. Енисей (район г. Игарки).

Сезонно-талый слой образуется в теплый период года в области криолитозоны и занимает промежуточное положение между атмосферой и многолетнемерзлыми отложениями. Через сезонно-талый слой проходит большая часть теплооборотов в земную кору и потому он чутко реагирует на изменения погоды и климата. Глубина сезонного протаивания чрезвычайно изменчива. Её междугодовая и многолетняя изменчивость связана с изменениями условий теплообмена пород с атмосферой, обусловленными прежде всего динамикой климата. На этом фоне фактические данные о мощности сезонно-талого слоя играют исключительно важную роль в качестве опорных сведений о динамике сезонного протаивания и реакции сезонно-талого слоя на вариации природных характеристик.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- изучить теоретические основы мерзлотоведения
- проанализировать данные по состоянию современных показателей климата для оценки тренда и влияния на изменения мощности сезоноталого слоя
- выявить особенности мощности сезоноталого слоя грунтов первой надпойменной террасы р. Енисей (район г. Игарки) в период с 2008 по 2016 года.

**Методы исследования:** картографический, статистический, сравнительно-географический, метод полевых исследований и наблюдений, метод географического моделирования.

# 1 Теоретические основы мерзлотоведения

## 1.1 Мерзлые породы

В истории развития нашей планеты прослеживается несколько периодов интенсивного возникновения и существования мерзлых горных пород, чередующихся с периодами их исчезновения или резкого площадного сокращения [16].

Распространение на земном шаре мерзлоты в древние эпохи связано с районами обнаружения древних материковых оледенений и их моренных и отложений. Поэтому можно констатировать, что в первую половину геологической истории Земли (2,5 млрд. лет) многолетнемерзлые породы, очевидно, не пользовались распространением, поскольку тогда сравнительно слабо были развиты платформенные массивы и континентальные площади, а дозы радиогенного тепла из недр были еще весьма велики. Однако уже в раннем протерозое (2,1-2,5 млрд. лет назад) мерзлота существовала на Североамериканском континенте и в Южной Африке, в позднем протерозое (600-1000 млн. лет) — в пределах Северной и Южной Америки, Гренландии, Австралии, Центральной и Южной Африки, Русской платформы, Урала, Казахстана, Южного Китая и Кореи.

В палеозое (240-400 млн. лет) мерзлота захватывала (с перерывами) Центральную и Южную Африку, Бразилию, Южную Америку, Антарктиду, горные районы Индии, Австралии и Аравийского полуострова [10].

В мезозое и раннем кайнозое мерзлые породы, по-видимому, не пользовались широким распространением. В начале позднего кайнозоя (25 млн. лет назад) вновь произошло похолодание и началась серия оледенений, а в плиоцене и плейстоцене началось развитие многолетнего промерзания пород, продолжающегося вплоть до настоящего времени. Районами наибольшего развития мерзлоты при этом являлись: Северная Америка, Европа, Азия, Антарктида, Гренландия.

Наиболее древние следы многолетнемерзлых пород документально зафиксированы и раннем плейстоцене (более 700 тыс. лет назад) и даже в позднем плиоцене (более 1,8 млн. лет назад) в пределах Колымской низменности, Аляски и Канады.

Таким образом, данные об известных ледниковых событиях геологической истории Земли свидетельствуют о нескольких крупных временных интервалах, когда многолетнемерзлые горные породы должны были пользоваться широким распространением [10].

Причины неравномерной периодичности развития крупных ледниковых эпох и мерзлоты на планете остаются пока дискуссионными и недостаточно изученными. Однако следует отметить, что развитие мерзлоты было возможно только в том случае, когда породы приобретали отрицательную температуру. Это вызывало переход грунтовой влаги в лед, следовательно, переход породы в качественно новое - мерзлое состояние.

Возможность же или невозможность формирования отрицательных температур в поверхностном слое литосферы определяется соотношением составляющих энергетического (теплового) баланса Земли. Можно полагать, что периоды ледниковых эпох и мерзлоты возникали как результат соответствующих климатических изменений на планете, предопределенных, в первую очередь, астрономическими факторами и связанных также с особенностями тектонического развития литосферы. Так, на основе тектоники литосферных плит наиболее крупные периоды похолоданий на Земле можно связывать с образованием гигантских по площади материков (Лавразии, Гондваны, Пангеи и др.), приуроченных по своему местоположению к одному из полюсов планеты [9].

Поэтому мерзлые горные породы следует рассматривать не как исключительное явление в истории Земли, а как детерминировано обусловленные естественно-исторические образования, неоднократно возникавшие в процессе ее геологического развития в различных частях планеты.

При этом состав, строение, структурно-текстурные особенности и другие характеристики мерзлых горных пород, существовавших в древние эпохи, не оставались, идентичными современным, а подвергались существенному эволюционному видоизменению в соответствии с необратимостью эволюции и типов литогенеза.

## **1.2 Распространение и морфология мерзлых пород**

Многолетнемерзлые толщи горных пород, являясь в целом весьма специфическими образованиями, оказываются достаточно разнородными по своему составу, криогенному строению, типу криогенеза, криогенному возрасту, температурному режиму, мощности, льдистости и другим характеристикам [3].

Мерзлыми породами, грунтами, почвами называются породы, грунты, почвы, имеющие отрицательную или нулевую температуру, в которых хотя бы часть воды перешла в кристаллическое состояние.

Лед в мерзлой породе должен рассматриваться как породообразующий минерал. Поэтому к мерзлым породам естественно относить все породы, содержащие лёд, и включать в них крупные массы подземного льда, рассматривая последние как мономинеральную мерзлую горную породу.

По длительности существования мерзлого состояния пород принято подразделять родовое понятие «мерзлые породы» на три видовых понятия:

- кратковременные мерзлые породы (часы, сутки)
- сезонномерзлые породы (месяца)
- многолетнемерзлые породы (годы, сотни и тысячи лет)

Между этими категориями мерзлых пород могут быть промежуточные формы и взаимные переходы [5;11].

Мощность кратковременных мерзлых пород достигает нескольких сантиметров, а максимальная мощность многолетнемерзлых пород выражается сотнями метров.



Мощность мерзлых толщ часто возрастает с понижением их средней годовой температуры.

Кратковременномерзлые и сезонномерзлые толщи представляют собой обычно непрерывные вертикальные слои, верхняя поверхность которых совпадает с дневной поверхностью, а нижняя поверхность находится на некоторой небольшой глубине.

Замерзание многолетнемерзлых толщ более сложно. Их верхняя поверхность залегает на различных глубинах ниже дневной поверхности вследствие процессов сезонного или многолетнего протаивания [11].

Многолетнемерзлые толщи, верхняя поверхность которых совпадает с нижней поверхностью слоя летнего протаивания, называются «сливающимися многолетнемерзлотными толщами», если же их верхняя поверхность находится глубже подошвы слоя сезонного протаивания или промерзания, они называются «несливающимися многолетнемерзлотными толщами». Наблюдаются также залегания двух и более слоев многолетнемерзлых пород друг над другом, разделенных тальми прослоями. В этом случае употребляют термины «слоистые или многослойные мерзлые толщи». Глубоко залегающие (несливающиеся) древние мерзлые толщи были обнаружены в Западной Сибири. Они залегают значительно южнее южной границы распространения современных или относительно молодых мерзлых толщ [5].

Непрерывность мерзлых толщ по простиранию наблюдается только в самых северных районах. Но и там под крупными водоемами и в местах усиленной циркуляции подземных вод можно встретить участки со сквозным протаиванием – талики. Различают «сквозные талики» и «несквозные», или «ложные талики» [11].

Количество и площадь таликов возрастает в направлении от северных областей распространения мерзлых пород к их «южной границе».

Переходя в область преобладания таликов по площади, мы наблюдаем постепенное уменьшение размеров отдельных мерзлых массивов и «островов» в талых или «немерзлых» породах.

Географическая южная граница, распространения многолетнемерзлых пород представляет собой линию, окунтуривающую с юга область распространения мерзлых толщ, за исключением отдельных высокогорных участков мерзлых пород в субтропических и тропических зонах.

Геофизическая южная граница распространения мерзлых пород представляет собой среднее многолетнее положение нулевой геоизотермы у подошвы слоя сезонных колебаний температуры.

Контакт между мерзлой и талой зонами, независимо от географического положения последних, называется «физической границей» мерзлых и талых пород.

При рассмотрении отдельных зон многолетнемерзлых пород в горных областях вместо термина «южная граница» пользуются термином «высотная граница многолетнемерзлых пород».

Зона распространения кратковременномерзлых толщ переходит при движении перпендикулярно геоизотермам в зону сезонномерзлых пород, а последняя – в зону многолетнемерзлых пород

Мерзлые породы не встречаются только в тропическом и субтропическом поясах в равнинных условиях [5].

Кратковременное промерзание почвы связано с ночными заморозками; сезонное промерзание пород вызывается наличием отрицательных температур (среднесуточных) почвы зимой в связи с сезонными колебаниями климата, а причиной существования многолетнемерзлых пород является продолжительное существование отрицательных среднегодовых температур пород вследствие многолетних колебаний теплообмена на поверхности земли.

[Изъят Рисунок 1 – Карта криогенных областей Земли (Баранов, 1959)]

В область распространения многолетнемерзлых пород в южном полушарии включается Антарктида и прилегающие к ней острова, а также высокогорные участки Южной Америки и в Африке. Австралия является единственным континентом, где не наблюдается распространения

многолетнемерзлых толщ. Площадь распространения многолетнемерзлых пород составляет до 25% всей суши земного шара.

Их выше написанного видно, что распространение мерзлых толщ подчинено широтной и высотной зональности. Следует иметь в виду, что любое подразделение условно и выражает лишь некоторые типичные черты из распространения в зависимости от географического положения [11].

В каждой выделяемой зоне характер распространения мерзлых толщ, их мощность и температура зависят от целого комплекса геологических, географических условий, а зоны выделяются лишь на основании одного или немногих признаков. Поэтому наряду с типичными условиями в каждой выделяемой зоне встречаются исключения, или, как говорят, «азональность» в характере распространения мерзлых толщ, вызываемая преобладанием в данном месте локальных, нетипичных для выделенной зоны условий.

### **1.1 Мерзлотоведение как наука**

Общее мерзлотоведение (геокриология) изучает мерзлую зону литосферы, или криолитозону, и слагающие её толщи мерзлых горных пород. Поэтому общее мерзлотоведение является геологической наукой, изучающей историю развития и закономерности распространения мерзлой зоны литосферы, состав, строение, сложение и криогенные текстуры толщ мерзлых горных пород и связанные с ними криогенные процессы и явления, а также температурный режим и мощность криолитозоны.

Мерзлыми породами называются горные породы, содержащие кристаллы льда, причем подразумевается их отрицательная температура, а тальми – породы, не содержащие кристаллов льда и находящиеся при положительной температуре [5].

По М.И. Сумгину, мерзлыми породами, грунтами, почвами называются такие породы, грунты, почвы, температура которых ниже 0°C независимо от состояния и содержания в них воды. Температура, равная 0°C, при которой

горная порода может быть и мерзлой и талой, является переходной температурой [23].

Н.И. Толсихин и Н.А. Цытович предложили следующие определение мерзлых пород: мерзлыми породами, грунтами, почвами называются такие породы, грунты, почвы, имеющие отрицательную или нулевую температуру, в которых хотя бы часть воды перешла в кристаллическое состояние [27].

Если считать лед мономинеральной мерзлой горной породой, то предметом мерзлотоведения, в широком смысле, является изучение развития льда во взаимодействии со средой на нашей планете.

Существование мерзлых пород и воды в виде льда связано с наличием, так называемой криосферы или оболочки Земли, включающей части атмосферы, гидросферы и литосферы с отрицательными температурами.

Мерзлые породы и лед (как мономинеральная порода) развиваются в криосфере, и их развитие связано с развитием последней. Поэтому изучение развития криосферы может включаться в предмет мерзлотоведения.

Мерзлотоведение начало развиваться вследствие запросов практики с развитием строительства и сельского хозяйства в районах распространения многолетнемерзлых пород. Мерзлотоведение с самых ранних стадий своего формирования как отдельной науки стало подразделяться на общее, инженерное и агробиологическое мерзлотоведение.

Общее мерзлотоведение изучает особый вид горных пород, оно принадлежит, прежде всего, к группе геологических наук и тесно связано с общей и исторической геологией, тектоникой, четвертичной геологией, грунтоведением, гидрогеологией, инженерной геологией и другими, и стоит в соответствии с последними. С другой стороны, развитие мерзлых пород тесно связано с изменениями теплового, или термодинамического, состояния верхнего слоя литосферы, зависящими, в свою очередь, от сложного комплекса природных факторов и условий [5].

Изучение теплового состояния Земли и факторов, влияющих на его изменения, относится к области геофизики, поэтому общее мерзлотоведение в

значительной мере является и геофизической наукой. Тепловое состояние самого верхнего слоя литосферы определяется условиями и процессами на поверхности Земли. Их изучают такие науки, как физическая география, геоморфология, метеорология и климатология, геоботаника, палеогеография и другие. Поэтому мерзлотоведение связано с комплексом географических наук.

В процессе образования и развития мерзлых пород совершаются различные физические, физико-химические и химические процессы, которые существенным образом определяют состав, текстуры, структуры и свойства мерзлых горных пород. В силу этого мерзлотоведение тесно связано с соответствующими науками физического и химического цикла [11].

Общее мерзлотоведение развивается на стыке геологических, геофизических и географических наук и, кроме того, связано с физикой, физикохимией и химией.

Выводы общего мерзлотоведения используются в инженерном мерзлотоведении при строительстве и при развитии сельского хозяйства в области распространения мерзлых пород. Поэтому оно связано также с техническими и сельскохозяйственными науками.

Инженерное мерзлотоведение изучает поведение и свойства мерзлых горных пород, используемых в качестве объекта хозяйственной деятельности человека. Инженерное мерзлотоведение опирается в первую очередь на общее мерзлотоведение, а также связано с теми особыми требованиями, которые предъявляются к мерзлым горным породам при том или ином освоении территории криолитозоны.

Агробиологическое мерзлотоведение изучает мерзлые горные породы и почвы как объект сельского и лесного хозяйства и связано в первую очередь с общим мерзлотоведением, а также с почвоведением, климатологией, геоботаникой, землеустройством, агробиологией, лесоустройством, экологией и другими науками биолого-почвенного и географического направлений [6].

Изучая мерзлые породы в их развитии, мерзлотоведение пользуется методами геологических, географических, геофизических, физико-

математических и других естественных наук в зависимости от того, какие частные явления, процессы, свойства или вопросы исследуются.

Комплекс используемых при этом методов определяется предметом мерзлотоведения. В частности, при изучении криолитозоны и слагающих её пород как геологического и географического объекта применяются методы геологических, геофизических и географических наук, включающие полевые, лабораторные и камеральные исследования.

При изучении физических свойств мерзлых пород и происходящих в них процессов используются физические и физико-химические лабораторные методы исследования [6].

Экспериментальные исследования сочетаются с теоретическими, причем для получения закономерностей развития мерзлых пород применяются математические методы, моделирование процессов. Специфические мерзлотные методы исследования связаны с изучением взаимодействия мерзлых горных пород с комплексом геологических и географических факторов и условий, то есть с изучением двусторонних связей между ними и на основе их обобщения, синтеза – изучением общих закономерностей развития мерзлых горных пород.

## **1 Физико-географические условия северо-восточной части Западно-Сибирской низменности (г. Игарка)**

Игарка – город в Туруханском районе Красноярского края России, расположен на берегу Игарской протоки Енисея, в 1330 км к северу от Красноярска по прямой (расстояние по Енисею около 1800 км). Находится за полярным кругом, в зоне распространения вечной мерзлоты, относится к районам Крайнего Севера. Географические координаты Игарки 67,33 градуса северной широты, 86,38 градуса восточной долготы.

## 1.1 Геологическое строение

Дочетвертичная геологическая история рассматриваемого района имеет свои характерные особенности. Вдоль правобережья реки Енисей на расстоянии 10-15 км от реки прослеживается зона региональных разломов, ориентированных в основном с юга на север. Линии этих разломов местами сгущаются и пересекаются между собой. Эти неотектонические подвижки обусловили в основном блоковую структуру района [30]. Наиболее значительной по степени раздробленности горных пород является игарско-рыбинская зона разлома. Образование этого разлома сопровождалось формированием эффузивов и туфов Игарской толщи. Само образование разлома свидетельствует об оживлении дизъюнктивной тектоники, с которой, по-видимому, связано и повышение активности глубинных подземных вод [8].

Среди коренных пород к наиболее древним относится комплекс протерозойских и палеозойских пород осадочного и эффузивного генезиса, представленных хлоритовыми сланцами, окремнелыми известняками и песчаниками, местами интенсивно рассланцованными. Из туфоэффузивных пород наиболее распространены туфобрекчии, туфы и секущие их дайки диабазов и долеритов (обнажения коренных пород прослеживаются вдоль северной окраины новой части г. Игарки, в тальвеге лога Безымянного).

Глубина залегания кровли коренных пород варьирует от 0 до 30 м и более.

К наиболее древним четвертичным отложениям, залегающим на коренных породах, относятся санчуговские морские суглинки и глины, переслаивающиеся супесью и содержащие галечный материал. Общая мощность их составляет около 13 м. Санчуговскую толщу перекрывают пески и супеси с прослоями гравия казанцевского горизонта [2].

Казанцевские пески перекрываются водно-ледниковыми отложениями, представленными несортированными супесями и суглинками с галькой и

валунами, общей мощностью от 1 до 12 м. Формирование их предположительно относится к периоду верхнезырянского оледенения. Валунно-галечные отложения, контактирующие под крутым углом с однородной толщей мелкозернистых песков, залегают между восточной окраиной г. Игарки и руслом р. Гравийки. Над моренными отложениями залегает толща ленточных глин и супесей, отложившихся, по-видимому, в приледниковом бассейне. В данном разрезе отложений сверху прослеживались опесчаненные суглинки с нечеткой ленточноподобной слоистостью, заменяющиеся по простиранию пылеватыми песками с включением большого количества растительных остатков и скопления прекрасно сохранившегося леса, представленного преимущественно лиственницей. Общая мощность ледниково-озерных отложений местами превышает 60 м. Проведенное определение абсолютного возраста образцов этой древесины показало ее возраст 30-31 тыс. лет [30].

Ниже по разрезу ленточноподобные суглинки и супеси переходят в толщу ленточных глин мощностью около 20 м. В ленточных глинах наблюдается тонкая слоистость и чередование тонких (около 1 мм) светло-серых пылеватых прослоев с более мощными (8-50 мм и более) прослоями.

Над озерными отложениями залегают каргинские осадки, слагающие с поверхности Каргинскую террасу, на которой расположен город Игарка. Каргинские отложения представлены супесями, суглинками с включениями линз гравия, песка и растительных остатков [8]. Это отложения древней поймы р. Енисей, мощность их на территории города изменяется от 4 до 15 м.

К современным отложениям относится аллювий, слагающий высокую и низкую поймы р. Енисей. Он представлен суглинками, супесями с прослоями галечника и крупнозернистого песка. Аллювиальные отложения, слагающие низкую пойму, чаще представлены легкими и тяжелыми суглинками и прослоями гравия, гальки с включением валунного материала. Мощность пойменных отложений изменяется от 1-2 до 6-7 м. Прирусловый аллювий



представлен тяжелыми и легкими супесями и суглинками и скоплением валунного материала на берегу р. Енисей. Мощность прируслового аллювия составляет 1-2 м [8].

К этим отложениям относятся также поверхностные слои торфа различной степени разложения мощностью 1-3 м, залегающего в депрессиях рельефа и на поверхности увалистых форм рельефа, распространенных вдоль восточных окраин г. Игарки. Возраст игарских торфяников колеблется от 7,5 до 9,5 тыс. лет.

К новейшим отложениям относится покровный горизонт пылеватого серого суглинка с поверхностным слоем тундрово-глеевой почвы. Мощность покровных суглинков, как правило, колеблется от 0,6 до 1,0 м, при этом нижняя часть местами находится в мерзлом состоянии [2].

Наряду с описанием стратиграфического разреза Игарского района следует привести более позднюю оценку стратиграфических особенностей района [8]. Среди четвертичных отложений им были выделены отложения приледникового комплекса, состоящие, в основном, из ленточных глин подпрудных озер и слоистых песков, и суглинков более поздних озерно-аллювиальных отложений.

С оледенением Приенисейской равнины связаны гляциоизостатические движения в районе г. Игарки, на что указывает глубина залегания подошвы казанцевских отложений, находящейся в 20-35 м ниже уровня р. Енисей.

[Изъят Рисунок 2 – Геологическая карта Красноярского края [1]]

## **1.1 Рельеф**

К основным элементам рельефа рассматриваемой территории относятся пойменная и надпойменная террасы. Высота пойменной террасы до 20-21 м над межениным уровнем р. Енисей, ширина колеблется от 50 до 1200 м. Граница перехода пойменной террасы в надпойменную выражена слабо. Пойменная терраса окаймлена наклоненным к реке бечевником шириной до 50 и высотой

до 5,0 м. Пойменную террасу можно разделить на низкую и высокую. Низкая пойма вместе с бечевником имеет высоту до 15 м и ширину от 10 до 150 м. Затапливается ежегодно. Высокая пойма имеет отметки от 15 до 20-21 м. Поверхность ее плавно смыкается с надпойменной террасой, которая затапливается лишь при наиболее высоких весенних паводках. Поверхность высокой поймы расчленена распадками, а ее краевая часть - оврагами. Территория ее большей частью заболочена, а западины заняты озерами-старицами [2].

Надпойменная (Каргинская) терраса, имеет эрозионно-аккумулятивный характер. Высота террасы колеблется от 21 до 45 м над меженным уровнем реки, а ширина местами достигает 2,5 км. Почти все строения города расположены на поверхности надпойменной террасы, которая так же, как и у пойменной расчленена распадками и оврагами. Долины ручьев Волчий Лог и Медвежий Лог имеют широкое и плоское дно, местами крутые склоны. В своей тыловой части надпойменная терраса местами плавно переходит в сильно расчлененное плато с высотными отметками до 60 м и более, где отдельные увалистые останцы плато разделены глубокими заозеренными и заболоченными впадинами [8].

В Игарском районе на характер современного рельефа наложили свой отпечаток и ледниковые процессы. В эпоху зырянского оледенения на поверхности плато сформировался моренно-грядовый рельеф. Ближе к р.

Енисей, в пределах надпойменной Каргинской террасы, моренно-грядовый рельеф сменяется озерно-аллювиальной равнинной.

[Изъята Рисунок 3 – Геоморфологическая карта Красноярского края [1]

## **1.2 Гидрология**

Гидрологические условия района определяются водным режимом р. Енисей и ее правых притоков – рек Гравийки и Черной, а также

многочисленных озер, расположенных в окрестностях г. Игарки.

Ширина основного русла Енисея у г. Игарки, составляет 3,5 км при глубинах до 40 м. От коренного берега основное русло Енисея отделено Игарской протокой, длина которой 12 км и ширина до 395 м. Глубины в протоке колеблются от 7 до 20 м.

Река Гравийка ограничивает район г. Игарки с севера, а р. Черная – с юга и юго-востока. Первая впадает в Енисей в 15 км ниже г. Игарки, а вторая – в Игарскую протоку, в 5 км выше старой части города. Русло Гравийки в устьевой части имеет ширину 15-20 м, а ширина русла Чёрной в низовье не превышает 12-15 м. В Игарскую протоку впадают также мелкие и небольшие по протяженности ручьи Северный, Волчий Лог, Медвежий Лог, Незаметный и другие [30].

Во время весеннего паводка подъем уровня воды в реке Енисей обычно составляет 15-17, в отдельные годы – 22 м. Температура поверхностных слоев воды в р. Енисей в середине лета колеблется в пределах 10-12, у дна снижается до 6-8°C. Ледостав на реках начинается с середины октября. Наибольшая толщина льда в Енисее 1,3-1,4 м отмечается в апреле. В Игарской протоке зимой скорость течения воды ослабевает (по сравнению со скоростью течения в Енисее) и толщина льда достигает 1,5-1,6 м. Вскрытие рек и начало ледохода происходит в конце мая, очищение ото льда – в середине июня [13].

На территории Игарского района расположено большое количество озер, различных по форме, размерам и своему происхождению. Озера пойменной террасы обычно имеют мелководный характер и относятся к типу озер-стариц, представляющих собой остатки старых русел мелких проток р. Енисей, постепенно зарастающих болотной растительностью.

На поверхности краевой зоны расчлененного плато расположено

наибольшее количество озер, имеющих, как правило, термокарстовое происхождение. В плане они имеют часто очень сложные очертания и реже округлую форму [30]. Полузатопленные высохшие деревья по краям озер свидетельствуют о продолжающемся понижении дна котловины и ее постепенном затоплении. Некоторые озера вытянуты в длину на 1-1,5 км. Как правило, озера этого типа мелководны и редко глубины их превышают 3 м.

[Изъят Рисунок 4 Гидрологические карты Красноярского края [1]]

## 1.1 Климат

Общие климатические черты района, входящего в субарктическую климатическую зону, определяют длительность холодного зимнего периода и сравнительно короткого теплого лета.

Развитие циклонической деятельности определяется переносом арктических воздушных масс со стороны Карского моря и трансформацией их на материке в континентальные массы воздуха. Летом эти массы воздуха настолько прогреваются, что средняя месячная температура воздуха в июле достигает  $14^{\circ}\text{C}$ , а максимальная дневная температура воздуха поднимается иногда до  $35-40^{\circ}\text{C}$ . Зимой воздух интенсивно охлаждается, обуславливая формирование очень низких отрицательных температур. При средней годовой температуре воздуха  $-9,3^{\circ}\text{C}$  средняя месячная температура самого холодного месяца - января составляет  $-26,5^{\circ}$ , при абсолютном минимуме минус  $56,5^{\circ}\text{C}$ .

Резко континентальный местный климат подчеркивается значительной амплитудой колебаний температуры воздуха между наиболее холодными и теплыми месяцами. Продолжительность холодного периода с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  – 225 дней. Средняя дата наступления средней суточной температуры  $0^{\circ}\text{C}$  - 20 мая, средняя годовая температура воздуха колеблется от  $-6,6$  до  $-10,4^{\circ}\text{C}$  [26].

С циклонической деятельностью связано преобладание в зимнее время

ветров юго-западных румбов, в летнее время господствуют ветры обратного направления [21].

Среднее годовое количество осадков составляет около 460 мм. С ноября по март количество их не превышает 130 мм, в тёплый период – более 320 мм. Устойчивый снеговой покров устанавливается в период с 4 по 10 октября. В зависимости от характера рельефа, растительности и направления ветра, мощность снегового покрова колеблется от 0,2 м на безлесных, обдуваемых ветром, буграх до 3,5 м на дне залесенных оврагов. Таяние и сход снегового покрова происходит сравнительно быстро (вторая половина мая) и это ветров юго-западных румбов, в летнее время господствуют ветры обратного направления [21].

Среднее годовое количество осадков составляет около 460 мм. С ноября по март количество их не превышает 130 мм, в тёплый период – более 320 мм. Устойчивый снеговой покров устанавливается в период с 4 по 10 октября. В зависимости от характера рельефа, растительности и направления ветра, мощность снегового покрова колеблется от 0,2 м на безлесных, обдуваемых ветром, буграх до 3,5 м на дне залесенных оврагов. Таяние и сход снегового покрова происходит сравнительно быстро (вторая половина мая) и это обуславливает активный сброс талых вод с поверхности сезонно-талого слоя [26].

Плотность снега меняется в вертикальном разрезе. В ноябре в верхних слоях она составляет 0,10-0,19, в нижних – 0,23-0,24 г/см<sup>3</sup>, во второй половине зимы увеличивается от 0,20-0,30 в верхних слоях до 0,35 г/см<sup>3</sup> в нижних.

[Изъят Рисунок 5 – Климатическая карта Красноярского края [1]]

Мерзлотный рельеф, к которому относятся и болотные почвы района г. Игарка, делятся на низинные и верховые. Среди последних преобладают торфяно-глеевые и торфянисто-глеевые грунты, образующиеся на мелкобугристом рельефе. Кроме того, достаточно часто встречаются и участки с торфяными болотными почвами. Они, в свою очередь, формируются на

плоскобуйфистых торфяниках, деятельная толща которых может состоять из серии горизонтов, отличающихся друг от друга только степенью разложения [2].

Иногда такой тип почвы лесотундры подстилается минеральным слоем, имеющим легкий механический состав. Данное обстоятельство способствует наиболее интенсивному оттоку влаги, а это создает максимально благоприятные условия для сравнительно быстрого разложения торфа. Мерзлотным верховым почвам свойственно поверхностное растрескивание торфянистых горизонтов с последующим их иссушением, из-за чего они лишены цельного растительного покрова.

Главными отличительными чертами почв лесотундры являются значительная влажность в сочетании с вечной мерзлотой. Для грунтов, расположенных в этом районе, свойственна неодинаковая просадка, которая способствует появлению многочисленных провалов и воронок. Повышенное количество осадков значительно превосходит величину испаряемости, что приводит к заболачиванию почвы. Кроме того, термокарстовые процессы способствуют образованию небольших мелководных озер. Характерно наличие торфяных, гипновых и сфагновых болот [7].

Основные почвы в районе г. Игарка – тундровые глеевые торфянистые и торфяные, торфянисто- и торфяно-глеевые болотные почвы.

[Изъят Рисунок 6 – Почвенная карта Красноярского края [1]]

### **1.3 Растительность**

По характеру растительности район г. Игарки относится к лесотундровой зоне, где на различных элементах рельефа происходит смена растительных ассоциаций.

Ландшафтную особенность лесотундры составляют две своеобразные растительные группировки на водоразделах – редины и редколесья. Редины характеризуются присутствием на фоне тундры одиночно разбросанных

угнетенных деревьев, имеющих часто полустланиковую форму. Редколесья по своему общему виду уже напоминают лес, но низкорослый, очень сильно разреженный, с большим количеством видов аркто-альпийского происхождения в травяно-кустарниковом покрове. Деревья в них обладают поверхностной корневой системой и отстоят одно от другого на десятки метров. Подобные «ельники» настолько осветлены, что под пологом их прекрасно развиваются лишайники [22].

По долинам рек далеко в глубь лесотундры проникают сомкнутые леса таежного типа, образованные лиственницей, елью и березой. Причины, по которым лес на севере тяготеет к долинам рек, многообразны. Это прежде всего благоприятные для него микроклиматические условия долин, лучший дренаж, глубокое залегание многолетней мерзлоты, песчаный состав аллювия.

По сравнению с тундрой в лесотундре возрастает продуктивность растительных сообществ. Общий запас фитомассы в редколесьях составляет 25-50 т/га, при этом преобладание надземной массы над подземной сближает их с таежными ландшафтами [24].

На правом берегу Енисея наиболее широко распространены следующие растительные сообщества: 1) елово-лиственный лес со сплошным моховым покровом (преобладают зеленые мхи) и с заторфованным горизонтом почвы мощностью 5-15 см; 2) заболоченное лиственное редколесье со сплошным торфяным покровом; 3) кустарничковое кочковатое болото; 4) редколесье на сфагновом болоте.

Растения имеют характерные формы и свойства, отражающие их адаптированность к суровому континентальному климату. Встречается множество мхов и лишайников. Из-за короткого и холодного лета и длинной зимы большая часть растений тундры представлена многолетними и вечнозелеными растениями. Брусника и клюква являются примерами таких многолетних кустарничковых растений. Они начинают свой рост сразу же, как только растает снег (нередко лишь в начале июля) [15]. Также распространены такие виды растений, как черника, морошка, княженика и голубика,

встречаются заросли кустистой ивы.

[Изъят Рисунок 7 – Карта растительности Красноярского края [1]]

#### **1.4 Животные мир**

Лесотундра является переходной границей от тундры к тайге, поэтому здесь можно встретить животных, обитающих как в одной, так и в другой зонах. Так, лесотундра своим ландшафтом очень напоминает тундру, поэтому здесь хорошо себя чувствуют горностаи, лемминги, землеройки, полевки, зайцы-беляки, а также белые куропатки, полярные совы и большое количество разнообразных птиц-пилигримов. Из более крупных животных здесь можно встретить бурого медведя и россомаху. Кроме того, в этих местах встречаются волк, песец и северный олень. Наряду с тундровыми представителями в лесотундре можно встретить обитатели лесных ландшафтов: лось, белка, рябчик и глухарь [21].

В некоторых районах можно насчитать около 80 видов пернатых, что намного больше, чем в тундровой зоне. Кроме привычных для данных мест птиц, довольно часто встречаются кукушки, дрозды и соколы [8]. В лиственных и смешанных елово-лиственных лесах нашли свой дом трехпалые дятлы и

Многочисленные реки и озера богаты разной рыбой: омуль, ряпушка, чир и нельма [21].

Заболоченность лесотундры позволяет развиваться большому количеству кровососущих насекомых, активных в летний период. Из-за холодного лета в тундре практически нет пресмыкающихся: низкие температуры ограничивают возможность жизнедеятельности холоднокровных животных.

[Изъят Рисунок 8 – Зоогеографическая карта Красноярского края [1]]

[Изъята глава 3].



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе приведённого исследования можно сформировать несколько основных выводов.

Средняя мощность сезонно-талого слоя увеличилась на 19,3 см, что свидетельствует об уменьшении многолетнемерзлых пород в пределах изучаемой территории, то есть первой надпойменной террасы р. Енисей (район г.Игарки) в период с 2008 по 2016 года.

При анализе взаимосвязи межгодовых вариаций толщины сезонно-талого слоя и метеорологических характеристик, отмечается, что наименьший и наибольший индексы протаивания совпадают с минимальной и максимальной глубиной сезонно-талого слоя в 2010 и 2016 годах соответственно.

Выявленная закономерность развития сезонно-талого слоя не является абсолютной, поскольку недостаток статистических массивов данных по другим параметрам, определяющим протаивание пород (микрорельеф, растительность, влажность/льдистость пород по всей толщине сезонно талого слоя и т. д.) предполагает продолжение дальнейших детальных исследований на мониторинговой площадке первой надпойменной террасы р. Енисей (район г.Игарки).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас Красноярского края и Республики Хакасия: атлас / Красноярск: Федеральная служба геодезии и картографии России – Новосибирск: Роскартография, 1994. – 83 с.
2. Вечная мерзлота и почвы в Игарском районе: отчет о НИР / ЦиПЛенкин Е. И. – Москва: Институт мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, 1973. – 91 с.
3. Ершов, Э. Д. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток: учебное пособие / Э. Д. Ершов. – Москва: Недра, 1989. – 516 с.
4. Ершов, Э. Д. Методы геокриологических исследований: учебное пособие / Э. Д. Ершов. – Москва: МГУ, 2004. – 512 с.
5. Ершов, Э. Д. Общая геокриология: учебное пособие / Э. Д. Ершов. – Москва: МГУ, 2002. – 682 с.
6. Калесник, С. В. Основы общего землеведения: учебное пособие / С. В. Калесник. – Москва: Учпедгиз, 1955. – 473 с.
7. Карпов, Е.Г. Состояние криолитозоны Игарского района Енисейского Севера / Е. Г. Карпов, Е. Л. Барановский – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1999. – 89 с.
8. Краткое заключение о геокриологическом строении района Игарки: отчет о НИР / Сакс В. Н. – Москва: Главсевморпути, 1946. – 53 с.
9. Кудрявцева, В. А. Мерзлотоведение. Краткий курс: учебное пособие / В.А. Кудрявцева – Москва: МГУ, 1981. – 240 с.
10. Кудрявцев, В. А. Общее мерзлотоведение: учебное пособие / В. А. Кудрявцев. – Москва: МГУ, 1978. – 464 с.
11. Маслов, А. Д. Основы геокриологии: учебное пособие / А. Д. Маслов, Г. Г. Осадчая, Н. В. Тумель, Н. А. Шполянская. – Ухта: Институт управления, информации и бизнеса, 2005. – 176 с.
12. Мельников, П. И. Общее мерзлотоведение: учебное пособие / П. И. Мельников, Н. И. Толстихин. – Новосибирск: Наука, 1974. – 291 с.

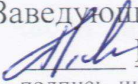
13. Мерзлотно-гидрологические особенности района г. Игарка: отчет о НИР / Григорьев Н. Ф. – Москва: Институт мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, 1985. – 53 с.
14. Морина, О. М. Науки о геосферах: учебное пособие/ О. М. Морина, А.М. Дербенцева, В.А. Морин. – Владивосток: Дальневосточный университет, 2008. – 192 с.
15. Об остаточном жильно-полигональном характере бугристых торфяников в Игарском районе: отчет о НИР / Хомичевская Л. С. Москва: Институт мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, 1982. – 84 с.
16. Осипов, Д. О. Изменение климата и вечная мерзлота: стратегии адаптации / Д. О. Осипов. – Якутия: СВФУ, 2016. – 31 с.
17. Павлов, А. В. Теплообмен промерзающих и протаивающих грунтов с атмосферой: учебное пособие / А. В. Павлов – Москва: Наука, 1965. – 254 с.
18. Пармузин, С. Ю. Динамика сезонноталого и сезонномёрзлого слоёв пород в связи с короткопериодными колебаниями климата / С. Ю. Пармузин, Т. Ю Шаталова // Основы геокриологии. – 2001. – № 4. – С. 284–303.
19. Попов, А.И. Мерзлотоведение и гляциология: учебное пособие / А. И. Попов, Г. К. Тушинский – Москва: Высшая школа, 1973. – 272 с.
20. Попов, А. И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология): учебное пособие / А. И. Попов. – Москва: МГУ, 1967. – 303 с.
21. Раковская, Э. М. Физическая география России: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Э. М. Раковская. – Москва: Издательский центр Академия, 2013. – 256 с.
22. Сморгин, Г. И. Прогноз теплового режима мерзлых горных пород под естественными и искусственными покровами / Г. И. Сморгин – Новосибирск: Наука, 1980. – 190 с.
23. Сумгин, М. И. Общее мерзлотоведение: учебное пособие / М. И. Сумгин, С. П. Качурин, Н. И. Толстихин, В. Ф. Тумель – Москва: АН СССР, 1940. – 340 с.

24. Тыртиков, А. П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов / А. П. Тырников – Москва: Московский университет, 1969. – 192 с.
25. Фельдман, Г. М. Методы расчета температурного режима мерзлых грунтов: методическое пособие / Г. М. Фельдман – Москва: Наука, 1973. – 254 с.
26. Фотиев, С.М. Геокриологические условия Средней Сибири / Н. С. Данилова, Н.С. Шевелева – Москва: Наука, 1974. – 148 с.
27. Цытович, Н. А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие / Н. А. Цытович – Москва: Высшая школа, 1973. – 448 с.
28. Швецов, П.Ф. Геокриология и проблемы освоения Севера / П. Ф. Швецов, В. П. Ковальков – Москва: Знание, 1987. – 48 с.
29. Шевелев, А.С. Физико механические характеристики многолетнемерзлых грунтов: учебное пособие / А. С. Шевелев – Москва: Стройиздат, 1979. – 128 с.
30. Шевелева, Н. С. Геокриологические условия Енисейского Севера / Н. С. Шевелева, Л. С. Хомичевская – Москва: Наука, 1974. – 148 с.
31. Brown J., Hinkel K. M., Nelson E. F. The Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) program: research designs and initial results // Polar Geography, 2000. – Vol. 24. – No. 3. – 258 p.
32. Duchkov, A.D. Characteristics of permafrost in Siberia // Advances in the Geological Storage of Carbon Dioxide. Berlin, Springer Publ., 2006. – 92 p.
33. Sazonova, T.S. A model for regional-scale estimation of temporal and spatial variability of active-layer thickness and mean annual ground temperatures / T.S . Sazonova, V.E. Romanovsky // Permafrost and Periglacial Processes, 2003. – Vol. 14. – No. 2. – 140 p.

[Изъяты приложения А-Ф]



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра географии


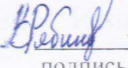
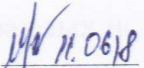
УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 Г.Ю. Ямских  
подпись инициалы, фамилия  
« 11 » июня 20 18 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**Характеристика многолетнемерзлых грунтов  
первой надпойменной террасы р.Енисей (район г.Игарки)**

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

|                |  |  |   |
|----------------|--|--|---|
| Руководитель   |  11.06.2018,<br>подпись, дата | проф., д-р. геогр. наук<br>должность, ученая степень | <u>Г. Ю. Ямских</u><br>инициалы, фамилия  |
| Выпускник      |  11.06.2018,<br>подпись, дата |  | <u>В.В. Рябинова</u><br>инициалы, фамилия |
| Нормоконтролер |  11.06.18<br>подпись, дата    |  | <u>М.И. Кокова</u><br>инициалы, фамилия   |

Красноярск 2018